

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:** 103 35 081.0**Anmeldetag:** 31. Juli 2003**Anmelder/Inhaber:** Osram Opto Semiconductors GmbH,  
93049 Regensburg/DE

REC'D 06 SEP 2004

WIPO

PCT

**Bezeichnung:** Verfahren zur Herstellung einer Vielzahl von opto-  
elektronischen Halbleiterchips und optoelektronischer  
Halbleiterchip**IPC:** H 01 L 33/00**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.****München, den 27. August 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag****PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Hoß

## Beschreibung

Verfahren zur Herstellung einer Vielzahl von optoelektronischen Halbleiterchips und optoelektronischer Halbleiterchip

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Vielzahl optoelektronischer Halbleiterchips, die jeweils eine Vielzahl von Strukturelementen mit jeweils mindestens einer Halbleiterschicht aufweisen. Halbleiterschichten der Strukturelemente werden dabei mittels selektiver Epitaxie aufgewachsen. Zudem betrifft die Erfindung einen nach diesem Verfahren hergestellten optoelektronischen Halbleiterchip.

10

Ein derartiger optoelektronischer Halbleiterchip sowie ein entsprechendes Verfahren zu dessen Herstellung ist beispielsweise in der DE 199 11 717 A1 beschrieben. Dieser weist eine Vielzahl von Strahlungsauskoppelementen auf, die z. B. eine epitaktisch gewachsene Halbleiterschichtfolge mit einer elektromagnetische Strahlung erzeugenden aktiven Schicht umfassen. Dadurch weist dieses Bauelement eine verbesserte Strahlungsauskopplung auf.

15

20

Eines der angegebenen Verfahren zur Herstellung der Strahlungsauskoppelemente beinhaltet selektive Epitaxie. Dabei wird zunächst eine durchgehende Maskenschicht aufgebracht, in die nachfolgend mittels Fotolithographie und Ätzen Fenster eingebracht werden. In die Fenster werden Halbleiterschichtenfolgen selektiv abgeschieden und die Maskenschicht nachfolgend mittels Ätzen wieder entfernt.

25

30

Ein solches Verfahren hat den Nachteil, neben dem Aufwachsen einer Maskenschicht auch die relativ aufwendigen Verfahrensschritte der Fotolithographie und des Ätzens zu umfassen, die üblicherweise in einer separaten Anlage durchgeführt werden müssen.

35

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfacheres und kostengünstigeres Verfahren zur Herstellung von optoelektronischen Halbleiterchips der eingangs genannten Art bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden  
5 Erfindung ist das Bereitstellen eines nach einem derartigen Verfahren hergestellten Halbleiterchips.

Diese Aufgaben werden durch ein Herstellungsverfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 bzw. durch ein optoelektronisches  
10 Bauelement mit den Merkmalen von Anspruch 18 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 17.

Erfindungsgemäß beinhaltet das Verfahren zur Herstellung einer Vielzahl von optoelektronischen Halbleiterchips der eingangs genannten Art zumindest die folgenden Verfahrensschritte:

Bereitstellen einer Chipverbund-Basis, die ein Substrat sowie eine Aufwachsfläche aufweist;  
20 Aufwachsen einer nicht geschlossenen Maskenmaterialschi-  
auf die Aufwachsfläche, derart, dass die Maskenmaterial-  
schicht eine Vielzahl statistisch verteilter Fenster mit va-  
riierenden Formen und/oder Öffnungsflächen aufweist, wobei  
ein Maskenmaterial derart gewählt wird, dass sich ein in ei-  
nem späteren Verfahrensschritt aufzuwachsendes Halbleiterma-  
terial der Halbleiterschicht auf diesem im Wesentlichen nicht  
oder im Vergleich zur Aufwachsfläche wesentlich schlech-  
ter aufwachsen lässt;  
im Wesentlichen gleichzeitiges Aufwachsen von Halbleiter-  
30 schichten auf innerhalb der Fenster liegenden Bereichen der  
Aufwachsfläche; und  
Vereinzeln der Chipverbund-Basis mit aufgebrachtem Material  
zu Halbleiterchips.

35 Das Herstellen der Maskenmaterialschi-  
kann demnach vorteilhafterweise mittels einem einzigen Ver-  
fahrensschritt erfolgen. Zweckmäßigerweise erfolgt das Auf-

wachsen der Maskenmaterialschiht in situ in einer Anlage, in der auch Halbleiterschichten des Bauelements aufgewachsen werden.

5 Bevorzugt weist die Chipverbund-Basis zumindest eine epitaktisch auf das Substrat aufgewachsene Halbleiterschicht auf. Die Aufwachsfläche ist dabei eine Oberfläche auf der dem Substrat abgewandten Seite der epitaktisch gewachsenen Halbleiterschicht.

10

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich dabei, sowohl beliebige Halbleiterschichten der Chipverbund-Basis als auch die Maskenschicht und Halbleiterschichten der Strukturelemente ohne Einschränkungen in einem einzigen Reaktor herzustellen.

15

Die Chipverbund-Basis weist in einer vorteilhaften Ausführung des Verfahrens eine epitaktisch auf das Substrat aufgewachsene Halbleiterschichtfolge auf, die eine elektromagnetische Strahlung emittierende aktive Zone umfasst. Entsprechend ist die Aufwachsfläche eine Oberfläche auf der dem Substrat abgewandten Seite der Halbleiterschichtfolge. Die nachfolgend auf die Aufwachsfläche aufgetragenen Halbleiterschichten der Strukturelemente bilden eine Strukturierung, die beispielsweise den Zweck einer verbesserten Auskopplung der in der Chipverbund-Basis erzeugten elektromagnetischen Strahlung erfüllt.

20

25

Alternativ oder zusätzlich weisen die Strukturelemente jeweils eine epitaktisch gewachsene Halbleiterschichtfolge mit einer aktiven Zone auf, die elektromagnetische Strahlung emittiert.

30

Bevorzugte Materialien für die Maskenmaterialschiht weisen SiO<sub>2</sub>, Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub> oder Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> auf.

35

Nach dem Aufwachsen der Halbleiterschichten der Strukturelemente wird auf diese bevorzugt eine Schicht aus elektrisch leitendem Kontaktmaterial aufgebracht, das für eine von der aktiven Zone emittierte elektromagnetische Strahlung durchlässig ist, so dass Halbleiterschichten mehrerer Strukturelemente durch das Kontaktmaterial elektrisch leitend miteinander verbunden werden. Dadurch lassen sich elektrische Kontaktstrukturen bilden, durch die ein geringer Anteil an in dem Bauelement erzeugter elektromagnetischer Strahlung absorbiert wird.

Die durchschnittliche Dicke der Maskenmaterialschiht ist bevorzugt geringer als die summierte Dicke der Halbleiterschichten eines Strukturelementes, wodurch sich Strukturelemente mit vorteilhaften Formen erzeugen lassen.

In einer Ausführungsform des Verfahrens wird die Maskenmaterialschiht nach dem Aufwachsen der Halbleiterschichten zweckmäßigerweise zumindest teilweise entfernt.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird nach dem Aufwachsen der Halbleiterschichtenfolgen mit Vorteil alternativ oder zusätzlich zum Entfernen von Maskenmaterial eine Planarisierungsschiht über der Aufwachsfläche aufgebracht. Diese kann insbesondere dann zu einer verbesserten Lichtauskopplung führen, wenn für sie ein Material gewählt wird, dessen Brechungsindex kleiner ist als derjenige von angrenzenden Halbleiterschichten.

Die Planarisierungsschiht weist bevorzugt ein Material auf, das dielektrische Eigenschaften hat.

Das Verfahren bietet die Möglichkeit zur Herstellung von ganz unterschiedlich strukturierten Maskenmaterialschihten mit jeweils unterschiedlich großen und unterschiedlich geformten Fenstern in diesen. Beispielsweise können die Aufwachsbedingungen zum Aufwachsen der Maskenmaterialschiht mit Vorteil



derart eingestellt werden, dass dreidimensionales Wachstum überwiegt und die Maskenmaterialschiicht überwiegend aus einer Vielzahl dreidimensional wachsender Kristallite gebildet wird.

5

Alternativ werden die Aufwachsbedingungen zum Aufwachsen der Maskenmaterialschiicht mit Vorteil derart eingestellt, dass zweidimensionales Wachstum überwiegt und die Maskenmaterial-schiicht überwiegend aus einer Vielzahl zweidimensional zusammenwachsender Teilschichten gebildet wird.

10

Es ist beim Aufwachsen der Maskenmaterialschiicht und der Halbleiterschichten der Strukturelemente ebenso mit Vorteil vorgesehen, die Aufwachsbedingungen während des Aufwach-sens zu variieren, so dass beispielsweise zu Beginn des Aufwach-sens dreidimensionales Wachstum und nachfolgend zweidimensio-nales Wachstum überwiegt.

15

Bevorzugt werden die Aufwachsbedingungen zum Aufwachsen der Maskenmaterialschiicht derart eingestellt, dass die meisten der Fenster mit einer mittleren Ausbreitung in der Größenord-nung von Mikrometern gebildet werden. Alternativ ist es mög-lich, die meisten der Fenster mit einer mittleren Ausdehnung von kleiner als oder gleich 1  $\mu\text{m}$  herzustellen.

20

Unter Ausbreitung ist in diesem Zusammenhang die Länge eines auf eine Gerade projizierten Fensters zu verstehen, wobei die Gerade in einer Haupterstreckungsebene der Maskenmaterial-schiicht verläuft. Die mittlere Ausbreitung ist demnach die über alle Richtungen gemittelte Ausbreitung eines Fensters.

25

30

Mit dem Einstellen der Wachstumsbedingungen lassen sich beim Aufwachsen der Maskenmaterialschiicht nicht nur die Form oder die Größe der Fenster variieren, sondern es lässt sich bei-spielsweise auch mit Vorteil die Flächendichte einstellen, mit der die Fenster auf der Aufwachsoberfläche erzeugt wer-den.

35

Beim Aufwachsen der Halbleiterschichten der Strukturelemente werden die Aufwuchsbedingungen bevorzugt derart eingestellt und alternativ oder zusätzlich während des Aufwachsens variiert, dass die Halbleiterschichten mit einer für die Auskopp-  
5 lung von elektromagnetischer Strahlung vorteilhaften Form, beispielsweise einer zumindest näherungsweise linsenartigen Form gebildet werden.

10 Das Aufwachsen der Maskenmaterialschiht und der Halbleiterschichten erfolgt besonders bevorzugt mittels Metallorganischer Gasphasenepitaxie (MOVPE).

Der optoelektronische Halbleiterchip zeichnet sich dadurch  
15 aus, dass er nach dem erfindungsgemäßen Verfahren oder einer Ausführungsform von diesem hergestellt ist.

Weitere Vorteile, bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen des Verfahrens bzw. des optoelektronischen Halbleiterchips ergeben sich aus den im folgenden in Verbindung mit den  
20 Figuren 1a bis 3 erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Figuren 1a bis 1d eine schematische Draufsicht auf einen  
25 Ausschnitt einer Aufwachsoberfläche während verschiedenen Stadien eines Ausführungsbeispiels des Verfahrens,

Figur 2 eine schematische Schnittansicht eines Ausschnittes eines ersten Ausführungsbeispiels des optoelektronischen  
30 Bauelements und

Figur 3 eine schematische Schnittansicht eines Ausschnittes eines zweiten Ausführungsbeispiels des optoelektronischen Bauelements.

35

In den Ausführungsbeispielen und Figuren sind gleiche oder gleichwirkende Bestandteile jeweils mit den gleichen Bezugs-

zeichen versehen. Die dargestellten Bestandteile sowie die Größenverhältnisse der Bestandteile untereinander sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen. Vielmehr sind einige Details der Figuren zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt.

In den Figuren 1a bis 1d ist in chronologischer Abfolge jeweils ein Ausschnitt einer Aufwachsfläche 3 während des Aufwachsens einer Maskenmaterialsicht 11 aus einem Maskenmaterial 1 gezeigt. Die Aufwachsfläche 3 kann beispielsweise eine Fläche eines Substrates aus n-GaAs sein, das Maskenmaterial 1 besteht z.B. aus  $\text{Si}_x\text{N}_y$ .

Das Wachstum des Maskenmaterials 1 beginnt an vereinzelten Punkten der Aufwachsfläche 3, an denen sich Kristallite aus Maskenmaterial 1 bilden. Die Kristallite aus Maskenmaterial 1 wachsen im weiteren Verlauf lateral zusammen (siehe Figuren 1b bis 1d), wobei die Wachstumsbedingungen beispielsweise derart eingestellt werden können, dass zweidimensionales Wachstum überwiegt, d.h., dass die Kristallite aus Maskenmaterial 1 überwiegend in einer Ebene parallel zur Aufwachsfläche wachsen und nur in geringerem Maße senkrecht dazu. Alternativ kann durch entsprechendes Einstellen der Wachstumsbedingungen auch überwiegend dreidimensionales Wachstum der Kristallite erreicht werden, d.h. ein Wachstum, bei dem die Wachstumsrate in allen möglichen Wachstumsrichtungen ähnlich groß bzw. von einer gleichen Größenordnung ist.

Unter Wachstumsbedingungen sind dabei von außen einstellbare, kontrollierbare bzw. änderbare Parameter wie z.B. Druck, Temperatur, Materialfluß und Wachstumsdauer im Epitaxireaktor zu verstehen. Die genauen Werte für derartige Parameter zur Erzielung einer bestimmten Aufwachs-Charakteristik können stark variieren und hängen beispielsweise von der Aufteilung und den geometrischen Abmessungen des Epitaxireaktors oder von dem aufzuwachsenden Material ab.



Die Herstellung einer nicht geschlossenen  $\text{Si}_x\text{N}_y$ -Schicht erfolgt beispielsweise in einem MOVPE-Reaktor durch Zuschalten von  $\text{SiH}_4$  und  $\text{NH}_3$  bei geeigneter Reaktortemperatur, die typischerweise in einem Bereich zwischen 500 und 1100°C liegen kann. Die Reaktortemperatur kann aber auch oberhalb oder unterhalb dieses Bereichs liegen. Solche Verfahren sind etwa in Hageman, P. R. et al, phys. stat. sol. (a) 188, No. 2 (2001), 659-662 beschrieben, dessen Inhalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird. Alternativ kann als Si-Quelle auch Tetraethyl-Silizium ( $\text{Si}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ ) oder eine ähnliche Si-haltige Verbindung, die sich für die Epitaxie eignet, verwendet werden.

Bei dem in Figur 1d gezeigten Stadium des Aufwachsens ist die Maskenmaterialschiicht 11 fertig ausgebildet. Sie weist eine Vielzahl statistisch verteilter Fenster 2 mit variierenden Formen und Öffnungsflächen auf. Die Abscheidebedingungen werden beispielsweise so gewählt, dass die meisten der Fenster eine mittlere Ausdehnung in der Größenordnung von Mikrometern aufweisen. Alternativ können die meisten der Fenster auch eine mittlere Ausdehnung von kleiner als 1  $\mu\text{m}$  aufweisen. Dadurch können mehr und kleinere Strukturelemente erzeugt und z.B. eine verbesserte Strahlungsauskopplung aus den Bauelementstrukturen erreicht werden.

Auf innerhalb dieser Fenster 2 liegenden Bereichen der Aufwachsoberfläche 3 werden nachfolgend beispielsweise Halbleiterschichtfolgen 8 selektiv abgeschieden (siehe Figur 2 oder 3). Diese können etwa auf Phosphid-Verbindungshalbleitern basierend sein und vorzugsweise Materialien  $\text{In}_n\text{Ga}_m\text{Al}_{1-n-m}\text{P}$  aufweisen, wobei  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 \leq m \leq 1$  und  $n+m \leq 1$ . Dabei können diese Materialien ein oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen, die die physikalischen Eigenschaften des Materials im Wesentlichen nicht ändern.

Eine Halbleiterschichtfolge 8 bildet ein Strukturelement 12. Im Sinne der Erfindung ist es dabei auch möglich, dass Halbleiterschichten mehrerer Strukturelemente überlappen bzw. dass mehrere Strukturelemente zumindest eine gemeinsame Halbleiterschicht aufweisen. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn Halbleiterschichtenfolgen 8 so weit lateral über die Maskenmaterialschi-  
5 chicht wachsen, dass Halbleiterschichten benachbarter Strukturelemente 12 teilweise oder ganz zusammenwachsen. In derartigen Fällen verläuft eine Grenze zwischen zwei benachbarten Strukturelementen entlang einer Linie, entlang der auf der Maskenmaterialschi-  
10 chicht befindliches Halbleitermaterial eine minimale Dicke aufweist.

In Figur 2 weist die das Strukturelement 12 bildende Halbleiterschichtfolge 8 eine aktive Zone auf, die bei Beaufschlagung mit Strom elektromagnetische Strahlung emittiert. Ein Strukturelement 12 kann jedoch auch keine aktive Zone aufweisen und z.B. aus nur einer Halbleiterschicht gebildet sein, die eine linsenartige Form aufweist.  
15

Die aktive Zone kann einen herkömmlichen pn-Übergang aufweisen, beispielsweise für eine Lumineszenzdiode. Solche Strukturen sind dem Fachmann bekannt und werden von daher an dieser Stelle nicht näher erläutert.  
20

Dadurch, dass die Fenster unterschiedlich große Öffnungsflächen aufweisen, ergeben sich für die darin abgeschiedenen Schichten der Halbleiterschichtfolgen 8 unterschiedliche Materialzusammensetzungen. Bei elektromagnetische Strahlung emittierenden Strukturen ergeben sich somit unterschiedliche Emissionsspektren, so dass sich mit derartigen strahlungse-  
25 mittierenden Bauelementen insgesamt ein breiteres Emissionsspektrum erreichen lässt als mit herkömmlichen Bauelementen.  
30

In Figur 2 ist eine schematische Schnittansicht eines Ausschnittes eines mit dem Verfahren hergestellten optoelektronischen Bauelementes gezeigt. Die Chipverbund-Basis 5 umfasst  
35

ein Substrat 4 sowie eine auf diesem Substrat epitaktisch aufgewachsene Halbleiterschicht oder Halbleiterschichtfolge 6, deren von dem Substrat 4 abgewandte Seite die Aufwachsoberfläche 3 bildet. Auf der Aufwachsoberfläche 3 ist eine Maskenmaterialschi-  
5 cht 11 aufgewachsen, die in dem gezeigten Ausschnitt des Bauelementes ein Fenster aufweist, in das eine Halbleiterschichtfolge 8 selektiv abgeschieden ist.

Die maximale Dicke der Maskenmaterialschi-  
10 cht 11 kann z.B. nur einige nm betragen und ist geringer als die Höhe der Halbleiterschichtfolge 8. Dadurch werden Halbleiterschichten der Halbleiterschichtfolge 8 ab einer Höhe, die größer ist als die Dicke der sie umgebenden Maskenmaterialschi-  
15 cht 11, durch laterales Wachstum auch teilweise über der Maskenmaterialschicht 11 aufgewachsen.

Die Aufwuchsbedingungen zum Aufwachsen der Halbleiterschichtfolge 8 werden z.B. derart gewählt oder während des Aufwach-  
20 sens variiert, dass die Halbleiterschichtfolge 8 mit einer linsenartigen Form gebildet werden. Alternativ kann diese Form auch kegelstumpffartig oder polyederartig sein.

Der Begriff Aufwuchsbedingungen ist in diesem Zusammenhang  
25 ähnlich zu verstehen wie beim vorhergehend erläuterten Aufwachsen von Maskenmaterial 1. Dabei hängt es neben der Art des aufzuwachsenden Halbleitermaterials und der Art der Epitaxieanlage auch stark von der Art des Maskenmaterials 1 ab, wie genau sich das Einstellen bestimmter Werte für Parameter wie Druck, Temperatur, Materialfluß und Wachstumsdauer auf  
30 das Wachstum von Halbleitermaterialien auswirkt.

Bei dem in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel über-  
deckt die zuletzt aufgewachsene Halbleiterschicht alle übrigen Halbleiterschichten der Halbleiterschichtenfolge 8. Dies  
35 ermöglicht es, eine Schicht aus elektrisch leitfähigem Kontaktmaterial 7 beispielsweise flächig über der gesamten Aufwachsoberfläche 3 bzw. auf der Halbleiterschichtfolge 8 und

dem Maskenmaterial 1 aufzubringen, ohne dass verschiedene Halbleiterschichten der Halbleiterschichtfolge 8 elektrisch kurzgeschlossen werden. Als Kontaktmaterial 7 eignet sich beispielsweise Indiumzinnoxid (ITO) oder auch eine wenige Atomlagen dicke Metallschicht, beispielsweise aus Platin, die durch ihre geringe Dicke für eine von der aktiven Zone der Halbleiterschichtfolge 8 emittierte Strahlung durchlässig ist.

Ein Kontaktmaterial mit ITO kann zusätzlich eine derartige dünne Metallschicht aufweisen, die vor dem ITO abgeschieden wird. Dadurch kann die elektrische Leitfähigkeit des Kontaktes zwischen Kontaktmaterial 7 und Halbleiterschichtfolge 8 verbessert werden.

15

Damit sich zwischen dem Kontaktmaterial 7 und der Halbleiterschichtfolge 8 ein elektrisch leitender Kontakt ausbildet, muss das Bauelement nach Aufbringen des Kontaktmaterials 7 in der Regel bei einer geeigneten Temperatur ausreichend lang getempert werden. Diese Maßnahmen sind dem Fachmann bekannt und werden von daher nicht näher erläutert.

20

Auf das Kontaktmaterial 7 kann vor oder nach dem Tempern ein Bondpad aufgebracht werden, über das die Halbleiterschichtfolge von einer Seite her z.B. mittels eines Bonddrahts kontaktiert werden kann (nicht gezeigt).

25

Wenn das Substrat 4 rückseitig, d.h. auf der von der Aufwachsoberfläche abgewandten Seite, mit einem Kontaktmaterial versehen und elektrisch leitend verbunden ist, dann kann man über das Bondpad und den Rückseitenkontakt direkt an die noch im Verbund befindlichen Bauelemente eine Spannung anlegen und ihre Funktionsfähigkeit testen (Direct Probing).

30

Bei dem Bauelement des in Figur 2 gezeigten Ausschnittes kann alternativ oder zusätzlich auch die auf dem Substrat 4 angeordnete Halbleiterschichtfolge 6 eine elektromagnetische

35

Strahlung emittierende, aktive Zone aufweisen. Bei Anlegen einer Spannung an das Bauelement wird der Strom durch die Maskenmaterialschi-  
15 chicht 11 auf einen Bereich der Fenster 2 be-  
schränkt, so dass ein Lichterzeugungsbereich im Wesentlichen auf einen Teil der aktiven Zone der Halbleiterschichtfolge 6  
beschränkt ist, der unterhalb eines Fensters 2 liegt.

10 In Figur 3 ist der Ausschnitt eines zweiten Ausführungsbeispiels des Bauelements gezeigt. Im Unterschied zu dem anhand Figur 2 erläuterten Ausführungsbeispiel beinhaltet das Verfahren zur Herstellung in diesem Beispiel nach dem Aufbringen der Halbleiterschichtfolge 8 ein Entfernen der Maskenmaterialsschicht 11, was durch selektives Ätzen erfolgen kann.

15 Nachfolgend wird auf die Aufwachsfläche 3 und die Halbleiterschichtfolge 8 eine Planarisierungsschicht 10 aufgebracht, die z.B. aus einem Dielektrikum bestehen kann, dessen Brechungsindex kleiner ist als der von Materialien der Halbleiterschichtfolge 8.

20 Damit die Halbleiterschichtfolge 8 elektrisch leitend kontaktiert werden kann, wird die Planarisierungsschicht 10 im Folgenden zumindest teilweise abgedünnt oder entfernt, so dass die äußerste Schicht der Halbleiterschichtfolge 8 freigelegt  
25 wird. Auf diese wird nachfolgend analog dem anhand Figur 2 erläuterten Ausführungsbeispiel elektrisch leitendes Kontaktmaterial 7 aufgebracht und getempert.

30 Nachfolgend kann die Chipverbund-Basis 5 mit dem aufgetragenen Material zu einer Vielzahl optoelektronischer Halbleiterchips vereinzelt werden. Jeder dieser Halbleiterchips umfasst eine Vielzahl von nebeneinander angeordneten Strukturelementen 12.

35 Der Schutzzumfang der Erfindung ist nicht durch die Beschreibung der Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Beispielsweise lassen sich die Fenster in der Mas-



kenmaterialschiht derart klein aufbilden, dass in ihnen quasi  
eindimensionale Halbleiterbauelement-Strukturen aufgewachsen  
werden. Die Erfindung umfasst jedes neue Merkmal sowie jede  
Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination  
5 von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn  
diese Kombination nicht explizit in den Patentansprüchen an-  
gegeben ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Vielzahl von optoelektronischen Halbleiterchips, die jeweils eine Vielzahl von Strukturelementen mit jeweils mindestens einer Halbleiterschicht aufweisen, wobei das Verfahren zumindest die folgenden Verfahrensschritte umfasst:

- Bereitstellen einer Chipverbund-Basis, die ein Substrat sowie eine Aufwachsfläche aufweist;
- Aufwachsen einer nicht geschlossenen Maskenmaterialschicht auf die Aufwachsfläche, derart, dass die Maskenmaterialschicht eine Vielzahl statistisch verteilter Fenster mit variierenden Formen und/oder Öffnungsflächen aufweist, wobei ein Maskenmaterial derart gewählt wird, dass sich ein in einem späteren Verfahrensschritt aufzuwachsendes Halbleitermaterial der Halbleiterschicht auf diesem im Wesentlichen nicht oder im Vergleich zur Aufwachsfläche wesentlich schlechter aufwachsen lässt;
- im Wesentlichen gleichzeitiges Aufwachsen von Halbleiterschichten auf innerhalb der Fenster liegenden Bereichen der Aufwachsfläche; und
- Vereinzeln der Chipverbund-Basis mit aufgebrachtem Material zu Halbleiterchips.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Chipverbund-Basis zumindest eine epitaktisch auf das Substrat aufgewachsene Halbleiterschicht aufweist und die Aufwachsfläche eine Oberfläche auf der dem Substrat abgewandten Seite der epitaktisch gewachsenen Halbleiterschicht ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Chipverbund-Basis eine epitaktisch auf das Substrat aufgewachsene Halbleiterschichtfolge mit einer elektromagnetische Strahlung emittierenden aktiven Zone aufweist und

die Aufwachsfläche eine Oberfläche auf der dem Substrat abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
5 bei dem die Strukturelemente jeweils eine epitaktisch gewachsene Halbleiterschichtenfolge mit einer elektromagnetische Strahlung emittierenden aktiven Zone aufweisen.
- 10 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Maskenmaterial  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_x\text{N}_y$  oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aufweist.
- 15 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem nach dem Aufwachsen der Halbleiterschichten eine Schicht aus elektrisch leitendem Kontaktmaterial, das für eine von der aktiven Zone emittierte elektromagnetische Strahlung durchlässig ist, auf die Halbleiterschichten aufgebracht wird, so dass Halbleiterschichten mehrerer Strukturelemente durch das Kontaktmaterial elektrisch leitend miteinander verbunden werden.  
20
- 25 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die durchschnittliche Dicke der Maskenmaterialschi-  
chter geringer ist als die summierte Dicke der Halbleiterschichten eines Strukturelementes.
- 30 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Maskenmaterialschi-  
chter nach dem Aufwachsen der Halbleiterschichten zumindest teilweise entfernt wird.
- 35 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem nach dem Aufwachsen der Halbleiterschichtenfolgen eine Planarisierungsschicht über der Aufwachsfläche aufgebracht wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem

für die Planarisierungsschicht ein Material gewählt wird, dessen Brechungsindex kleiner ist als der der Halbleiterschichten.

5 11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, bei dem für die Planarisierungsschicht ein Material gewählt wird, das dielektrische Eigenschaften hat.

10 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Aufwuchsbedingungen zum Aufwachsen der Maskenmaterialschi-  
cht derart eingestellt werden, dass dreidimensionales Wachstum überwiegt und die Maskenmaterialschi-  
cht überwiegend aus einer Vielzahl dreidimensional wachsender Kristallite gebildet wird.

15 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die Aufwuchsbedingungen zum Aufwachsen der Maskenmaterialschi-  
cht derart eingestellt werden, dass zweidimensionales Wachstum überwiegt und die Maskenmaterialschi-  
cht überwiegend aus einer Vielzahl zweidimensional zusammenwachsender  
20 Teilschichten gebildet wird.

25 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Aufwuchsbedingungen zum Aufwachsen der Maskenmaterialschi-  
cht derart eingestellt werden, dass die meisten der Fenster mit einer mittleren Ausbreitung in der Größenordnung von Mikrometern gebildet werden.

30 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die Aufwuchsbedingungen zum Aufwachsen der Maskenmaterialschi-  
cht derart eingestellt werden, dass die meisten der Fenster mit einer mittleren Ausdehnung von kleiner als oder  
gleich 1  $\mu\text{m}$  gebildet werden.

35 16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Aufwuchsbedingungen zum Aufwachsen der Halbleiterschichten derart eingestellt und/oder während des Aufwach-

sens variiert werden, dass Halbleiterschichten der Strukturelemente zumindest näherungsweise eine linsenartige Form bilden.

5 17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Aufwachsen der Maskenmaterialsicht und der Halbleiterschichten mittels Metallorganischer Gasphasenepitaxie erfolgt.

10 18. Optoelektronischer Halbleiterchip,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
er nach einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche hergestellt ist.



## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Vielzahl von optoelektronischen Halbleiterchips, die jeweils eine Vielzahl von Strukturelementen mit jeweils mindestens einer Halbleiterschicht aufweisen. Bei dem Verfahren wird eine Chipverbund-Basis bereitgestellt, die ein Substrat sowie eine Aufwachsfläche aufweist. Auf die Aufwachsfläche wird eine nicht geschlossene Maskenmaterialschi-  
10 aufgewachsen, dass die Maskenmaterialschi-  
statistisch verteilter Fenster mit variierenden Formen und/oder Öffnungsflächen aufweist, wobei ein Maskenmaterial derart gewählt ist, dass sich ein in einem späteren Verfahrensschritt aufzuwachsendes Halbleitermaterial der Halbleiterschicht auf diesem im Wesentlichen nicht oder im Vergleich zur Aufwachsfläche wesentlich schlechter aufwachsen lässt. Nachfolgend werden Halbleiterschichten im Wesentlichen gleichzeitig auf innerhalb der Fenster liegende Bereiche der Aufwachsfläche abgeschieden. Ein weiterer Verfahrensschritt ist das Vereinzeln der Chipverbund-Basis mit aufgebrachtem Material zu Halbleiterchips.  
15  
20 Die Erfindung betrifft zudem ein nach dem Verfahren hergestelltes optoelektronisches Halbleiterbauelement.

Figur 1d

P2003, 0487 DE E

Fig 1d.

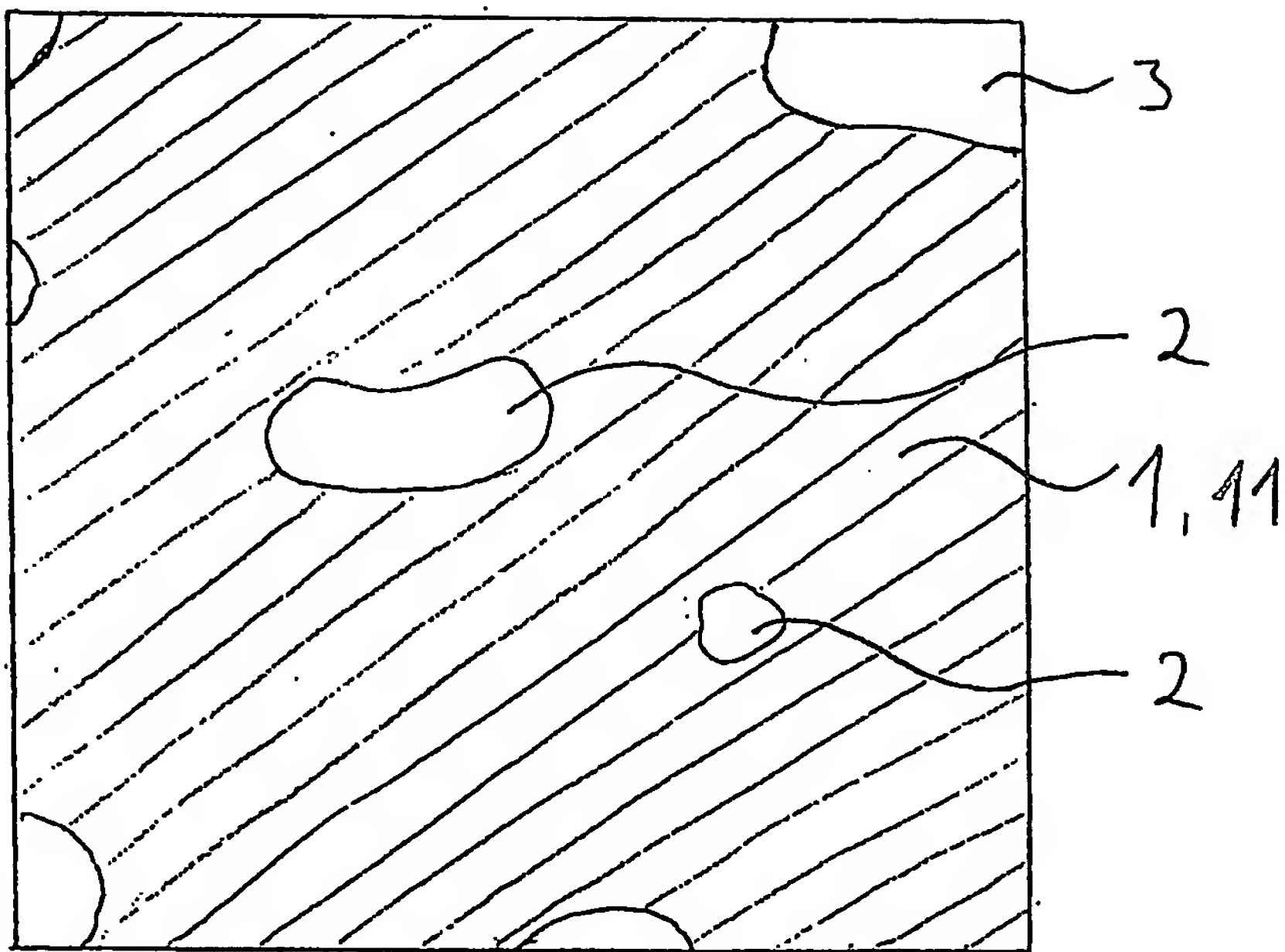


Fig 1a

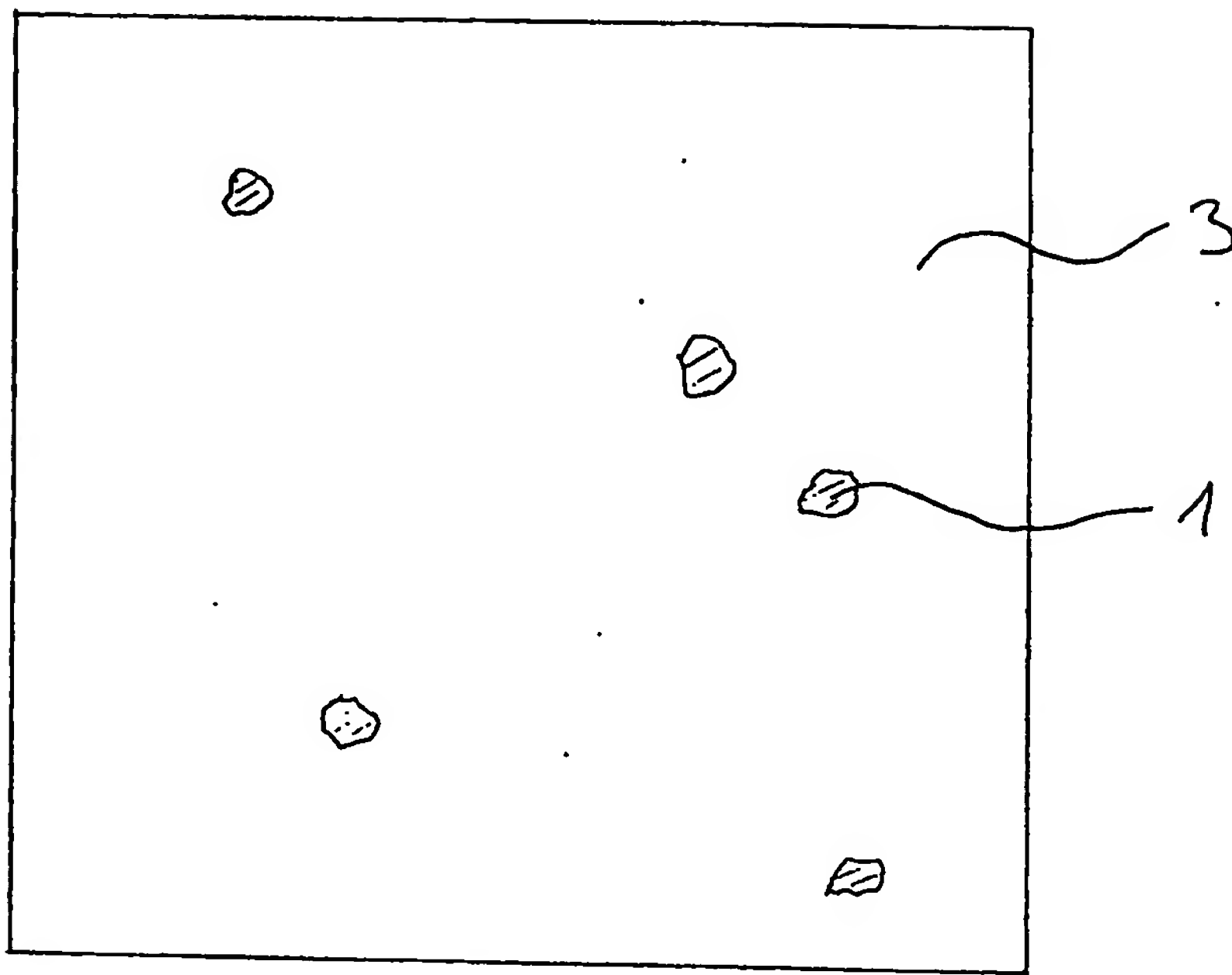


Fig 1b

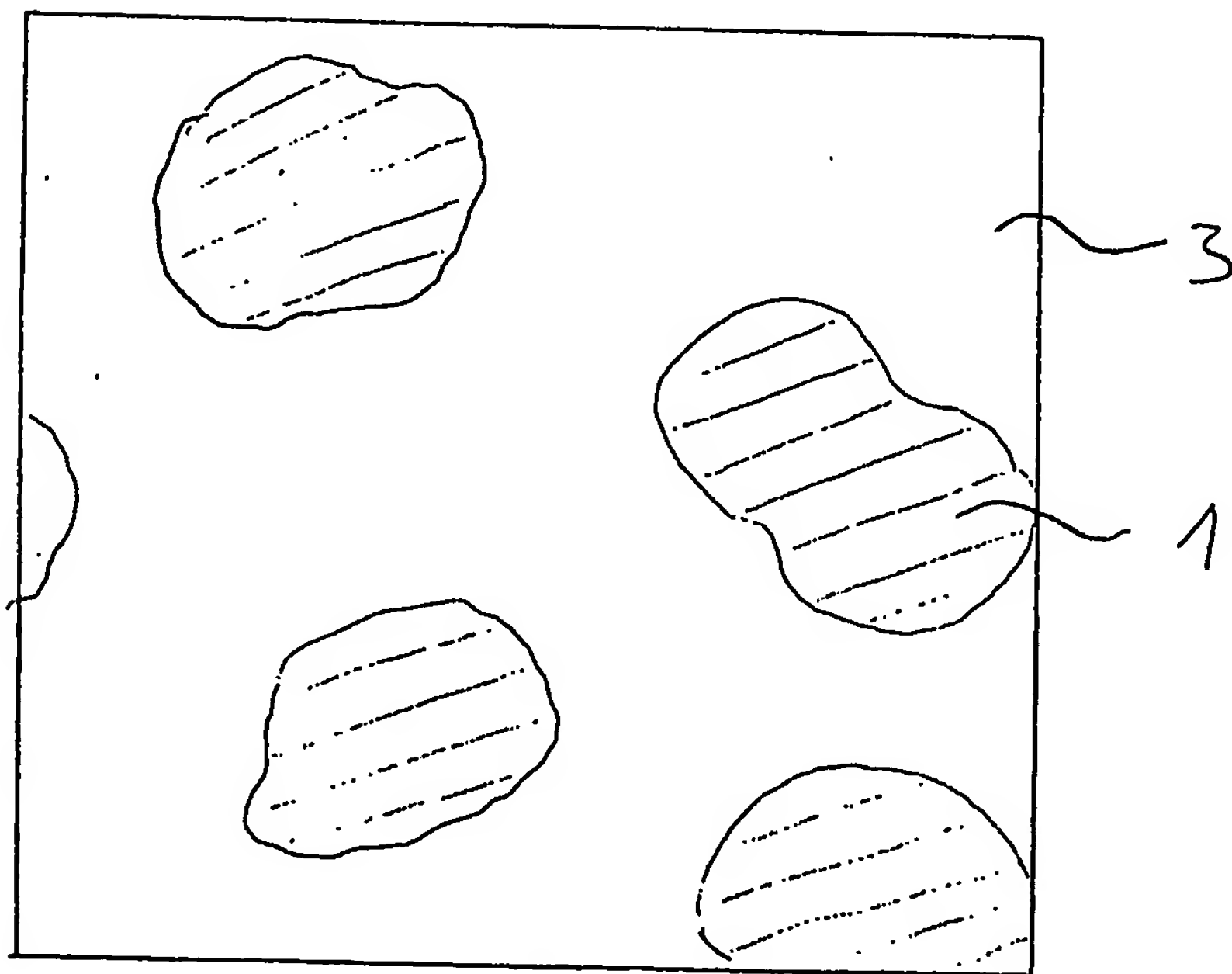


Fig 1c

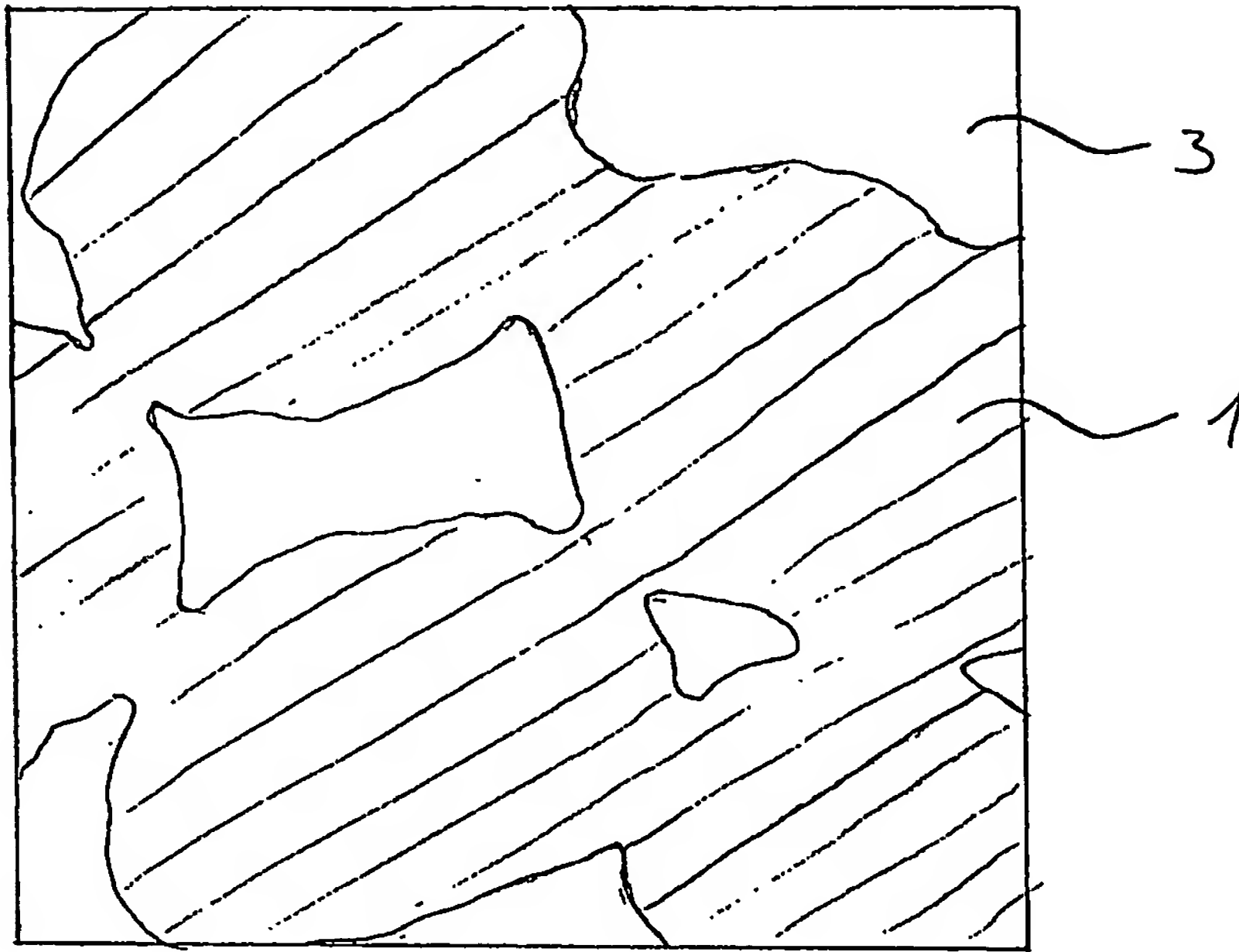


Fig 1d

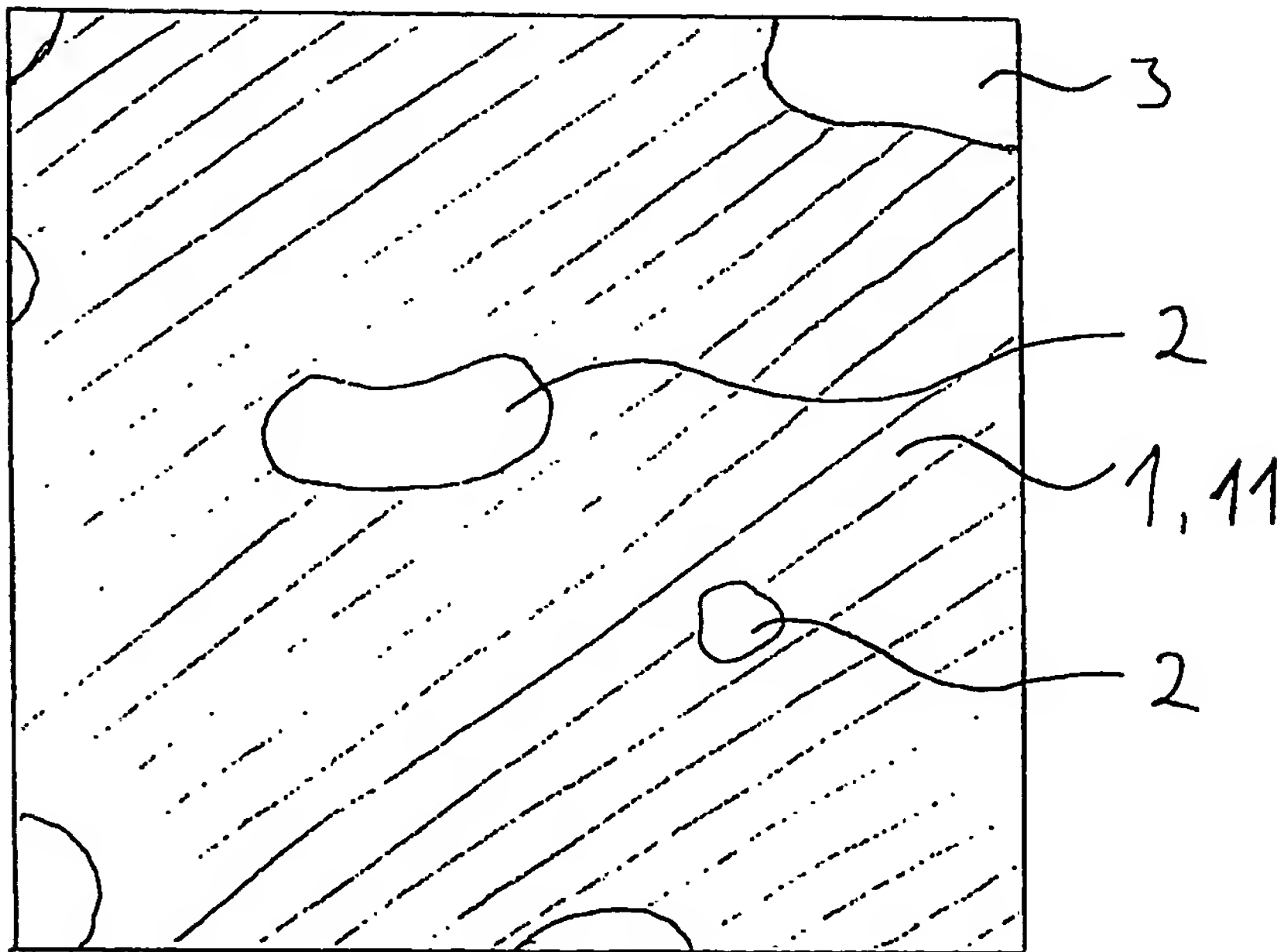


Fig 2

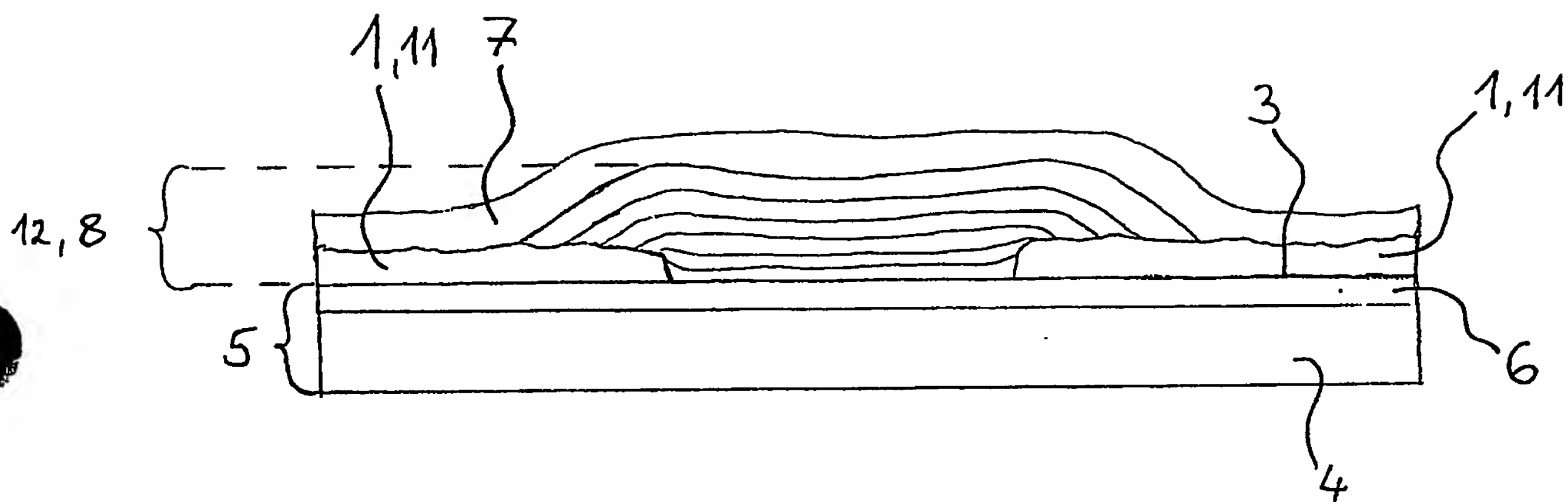
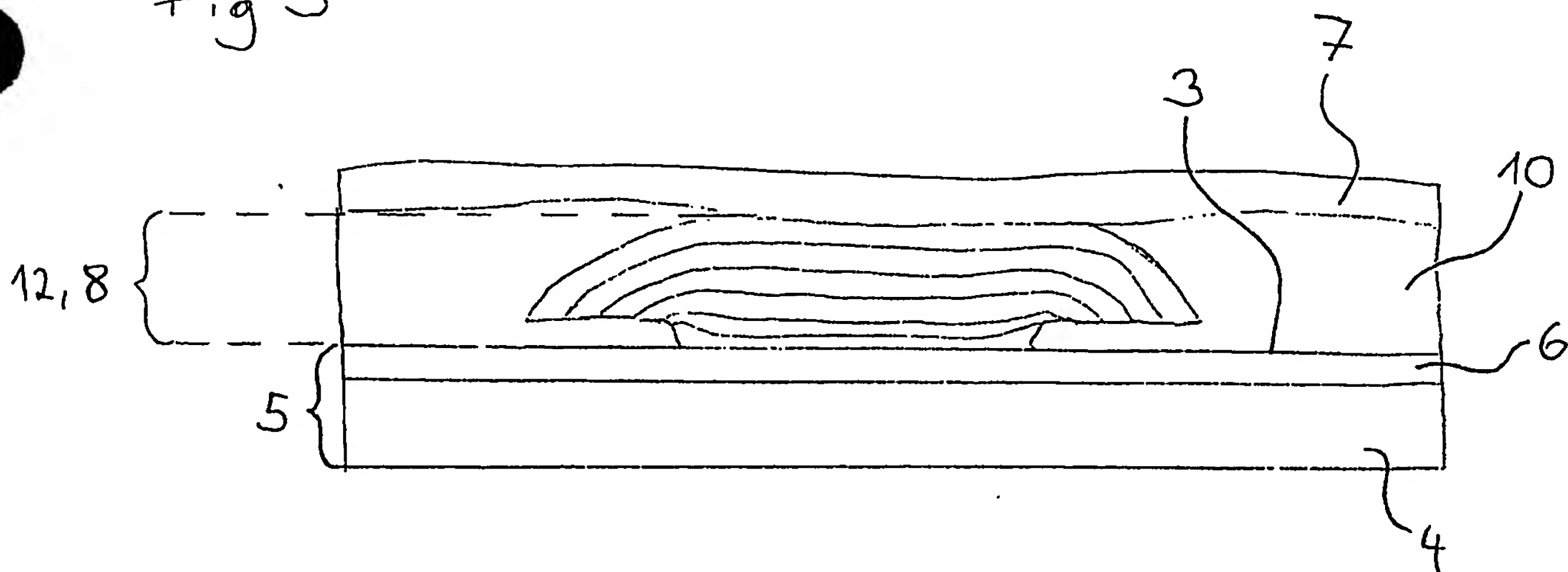


Fig 3





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**